



# Interactions science-technologie: quelles politiques publiques

David Encaoua

## ► To cite this version:

David Encaoua. Interactions science-technologie: quelles politiques publiques. Revue Française d'Economie, 2011, XXV (4), pp.75-119. halshs-00595491

**HAL Id: halshs-00595491**

**<https://shs.hal.science/halshs-00595491>**

Submitted on 24 May 2011

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# INTERACTIONS SCIENCE-TECHNOLOGIE :

## QUELLES POLITIQUES PUBLIQUES ?

Mars 2011<sup>1</sup>

David ENCAOUA

Ecole d'Economie de Paris

Université Paris I, Centre d'Economie de la Sorbonne

*Résumé* : L'objet de cet article est d'analyser les relations entre la science et la technologie selon un double prisme. Le premier, de nature historique, cherche à comprendre comment s'est opéré le passage des savoir-faire fondés sur des connaissances prescriptives (techniques) à des savoir-faire fondés sur des connaissances scientifiques (technologies) et quelles en sont les conséquences sur le plan de la croissance. Le détour historique permet également de caractériser les relations contemporaines comme relevant davantage d'un processus coévolutif plutôt d'une relation de dépendance où le développement en aval des applications technologiques serait entièrement dépendant des progrès en amont de la recherche fondamentale. Le deuxième prisme, plus orienté vers les questions de choix publics en matière de politiques scientifiques et technologiques, avance quelques explications de l'écart persistant de croissance entre l'Union Européenne et les Etats-Unis avant la dernière crise. Sont ainsi successivement examinés les rôles respectifs de l'université, en tant qu'acteur économique, l'écart éventuel entre le niveau d'avancement dans la production des connaissances et celui de leur diffusion dans l'économie, l'insuffisance des efforts de Recherche et Développement et les spécificités de la dynamique industrielle en termes des mouvements de destruction créatrice et du rôle des jeunes entreprises innovantes.

*Abstract*: This article proposes an analysis of the science-technology interactions. The first part is historical and focuses on the transformations that resulted from the passage of a prescriptive knowledge (techniques) to a scientifically based knowledge (technology). The contemporaneous relations between science and technology are much more characterized by their interdependence, in the sense that they are in a co-evolution process, rather than by the linear model in which the richness of the industrial applications results from the development of an autonomous fundamental research activity. The second perspective, more policy-oriented, tries to explain the persistent gap between the United States and the European Union in terms of their GDP per capita and productivity growth, in the period preceding the last financial and economic clash. The reviewed explanations of this gap include the performance of the academic activity, the gap between the scientific knowledge and its transformation in the economy, the research and development intensity, the importance of the churning effect in the destructive creation process and the role of the young innovative firms.

---

<sup>1</sup> Une première version de cet article, présentée lors du colloque de la Structure Fédérative de Recherche INNOVAcS à Grenoble (décembre 2010), a bénéficié des remarques des participants. J'ai également bénéficié d'une relecture attentive de Christine Halmenschlager. Je remercie enfin les deux rapporteurs de cette revue dont les suggestions m'ont été très utiles.

## Introduction

Les relations entre la science et la technologie sont au cœur de l'économie contemporaine, souvent qualifiée d'économie de la connaissance. Ces relations n'apparaissent pourtant sur le devant de la scène qu'indirectement, au travers de l'innovation, alors que celle-ci n'est que le résultat d'un processus d'interactions complexes entre la science et la technologie, interactions qui ont beaucoup varié au cours du temps. Si dans le domaine des Sciences de l'Homme et de la Société, la littérature spécifique à l'innovation est très abondante et fait appel à différentes disciplines de ce domaine (économie, gestion, sociologie, droit, histoire, etc.), celle sur les rapports entre la science et la technologie reste d'usage bien plus restreint<sup>2</sup>, alors même qu'une représentation implicite de ces rapports est toujours présente derrière les choix opérés par les pouvoirs publics pour favoriser les capacités d'innovation de leurs pays respectifs et, par là même, leur croissance économique. Interroger les relations entre la science et la technologie nous paraît de ce fait présenter un double avantage.

D'une part, un détour par l'histoire de ces relations, aussi bref soit-il, permet de mieux comprendre comment on est parvenu aux conceptions contemporaines, fondées notamment sur un processus de *co-évolution* de la science et de la technologie.

D'autre part, la complexité des relations entre la science et la technologie explique que les questions sur l'orientation des choix publics en matière de politiques scientifiques et technologiques fassent l'objet de débats récurrents. Par exemple, faut-il consacrer le budget national de la recherche exclusivement à la recherche fondamentale et laisser les applications industrielles essaimer à partir de cette recherche, ou faut-il allouer le budget global de manière à subventionner aussi bien la recherche de base que certaines applications industrielles ? Quelles formes doivent prendre les interventions des pouvoirs publics d'un pays en matière technologique ? Doivent-elles être orientées vers des industries spécifiques traduisant des choix historiquement déterminés (*'mission-oriented'*) ou doivent-elles rester transversales en vue de favoriser la diffusion des avancées technologiques dans l'ensemble du tissu industriel, économique et social (*'diffusion oriented'*) ? Dans quelle mesure le choix d'une politique technologique doit-il rester l'apanage d'un pays ou au contraire être l'objet d'une intense coordination entre différents pays appartenant à une même zone économique (l'Union Européenne en l'occurrence) ? Autant de questions et de débats complexes, dont la liste est loin d'être exhaustive.

Pour délimiter un cadre de réflexion moins large, on a choisi de focaliser l'attention sur l'écart technologique entre l'Union Européenne (UE) et les Etats-Unis (EU). Comment expliquer cet écart, qui s'est notamment traduit par un différentiel significatif des taux de croissance avant la crise financière et économique actuelle, alors même que les tailles des marchés intérieurs, européen et américain, sont relativement proches ? Les diverses tentatives pour expliquer ce qui s'apparente à un paradoxe peuvent servir à illustrer quelques uns des débats sur les orientations des politiques scientifiques et technologiques.

---

<sup>2</sup> Pour une introduction à la littérature économique sur le sujet, le lecteur peut consulter les deux sources suivantes. D'une part, un article de base "*The Economics of Science and Technology*" par Audretsch et al. (2002). D'autre part, une collection d'articles de référence réunis par Paula Stephan et David Audretsch sous le titre "*The Economics of Science and Innovation*", vol. 1 & 2, Edward Elgar, 2000.

L'article est ainsi construit autour de ces deux problématiques, historique d'une part et politique économique d'autre part.

La première partie est consacrée à l'évolution historique du cadre conceptuel des rapports entre science, technologie et connaissances. Après le rappel de notions de base, relatives notamment au passage de la technique à la technologie que les historiens rattachent à la révolution industrielle, les deux modèles de base gouvernant les relations entre la science et ses applications technologiques sont présentés.

La seconde partie est consacrée à une brève exploration de quelques débats contemporains sur l'orientation des politiques scientifiques et technologiques, avec comme objectif de comprendre le paradoxe européen en matière de croissance, paradoxe né, rappelons le, de la persistance, jusqu'à une période récente, d'un différentiel de croissance entre l'Union Européenne et les Etats-Unis, malgré leur taille comparable. Seront ainsi successivement examinés les performances de l'université, en tant qu'acteur économique, l'existence éventuelle d'un décalage entre le développement scientifique et sa retombée industrielle, l'effort public et privé en recherche-développement et enfin, les questions de dynamique industrielle relatives à divers aspects de la démographie des entreprises.

## **Les rapports entre science, technologie et connaissances: un détour par l'histoire.**

### **Notions de base**

#### ***Recherche fondamentale, recherche appliquée et développement***

Les activités de recherche se déclinent en trois composantes : la recherche fondamentale (**S**), la recherche appliquée (**R**) et le développement (**D**).

La **recherche fondamentale** ou **recherche de base** est une activité propre à la **Science (S)**, dont le premier objectif est d'approfondir la connaissance ou la compréhension d'un phénomène, sans qu'une application spécifique ne soit nécessairement recherchée ni même envisagée. Le résultat d'une recherche fondamentale conduit à une **découverte**, c'est à dire un déplacement de la *frontière des connaissances du fait de l'extension des découvertes*, extension a priori sans fin. Le terme de découverte suppose que le phénomène, l'objet, la matière ou l'espèce recherchée *préexistent* à leur découverte. Pour illustrer, la découverte d'un nanomatériau à base de carbone (le graphène), dont l'épaisseur (0,17 nanomètre ou milliardième de mètre) ne dépasse pas celle de l'atome et dont les propriétés en termes de solidité, plasticité et conductivité électrique dépassent de loin celle des autres matériaux, a valu à ses découvreurs le prix Nobel de physique en 2010.

La **recherche appliquée (R)** représente l'activité de recherche qui vise à atteindre un objectif bien ciblé. C'est donc en termes de motivation ou de finalité et non de connaissance que se distinguent la recherche fondamentale et la recherche appliquée. Le résultat d'une recherche appliquée conduit à une **invention**. De manière plus générale, le terme d'invention s'applique lorsque c'est une idée ou une création humaine qui sont à l'origine de la nouveauté et non un phénomène naturel préexistant à sa découverte. Même si une invention se distingue d'une découverte, elle peut néanmoins résulter d'une découverte antérieure. Pour reprendre l'exemple précédent, la découverte du graphène a donné lieu à une invention dans le domaine de l'électronique, celle d'un écran tactile souple par le Sud-Coréen Samsung. Une invention peut également résulter de la mise en œuvre

d'une idée nouvelle ne s'appuyant sur aucune découverte antérieure. Par exemple, la création de la monnaie fiduciaire est une invention humaine qui ne s'appuie sur aucune découverte.

Le **développement (D)** consiste à combiner le résultat technique d'une recherche appliquée et l'utilisation de l'information commerciale disponible, en vue de la mise sur le marché d'un nouveau produit, d'un nouveau procédé, ou de manière plus générale d'une **innovation**. Celle-ci concerne toute activité de produit et de service, et non exclusivement les sciences et la technologie. Si l'invention relève de l'idée créatrice, l'innovation nécessite le rassemblement de tout un ensemble de facteurs tels que les compétences techniques, la disponibilité de ressources financières, les compétences commerciales, juridiques, etc. Pour illustrer, la mise sur le marché d'un nouveau médicament résulte d'un long processus, nécessitant une série d'étapes, le résultat de chacune étant entaché de nombreuses incertitudes, et dont le coût final est estimé à 800 millions de dollars (DiMasi *et al.* 2003).

La recherche appliquée et le développement sont ainsi des inputs du processus d'innovation tandis que l'innovation en est l'output. Une différence importante entre le processus de découverte et celui de l'innovation doit être mentionnée. Le processus de découverte, propre à la science, part d'un état donné des connaissances et cherche à atteindre un état a priori inconnu, à savoir une nouvelle connaissance. A l'inverse, le processus d'innovation cherche plutôt à atteindre un objectif a priori bien ciblé, mais dont le succès n'est pas assuré.<sup>3</sup> Certaines inventions ne se transforment pas instantanément en innovations (demande du marché inexistante, absence de ressources, etc.) Par exemple, l'invention d'un écran tactile souple à base de *graphène* ne s'est pas encore matérialisée par une innovation du fait du prix élevé du matériau de base.

Par ailleurs, l'idée de créer un *marché des inventions* ou un *marché des idées*, avant que celles-ci ne se matérialisent en innovations, se heurte à de nombreuses difficultés.<sup>4</sup> Par contre, il existe différents marchés pour le transfert des innovations (marchés de la technologie et licences, par exemple).

L'innovation peut prendre différentes formes: *matérielle* (produit, procédé ou design), *organisationnelle* (flux tendu), *commerciale* (vente en ligne); *institutionnelle* (droit à polluer), *sociétale* (communautés de voisinage), etc. Les *agents* de l'innovation sont souvent des *entreprises*, mais les *sources* de l'innovation peuvent être aussi bien *internes* (laboratoires de R&D) qu'*externes* (clients, fournisseurs, concurrents, université, régions, territoires, etc.)

L'innovation est le plus souvent *séquentielle* et *cumulative* : chacune est le maillon d'une chaîne où des inventions ou innovations antérieures servent à produire de nouveaux usages ou de nouveaux biens. Une innovation peut être *incrémentale*, comporter un *saut qualitatif important* (innovation radicale), être *drastique* (monopole) ou enfin à *usage généralisé* (General Purpose Technology).<sup>5</sup>

### **Technique et technologie**

---

<sup>3</sup> La *microéconomie de l'innovation* cherche à appréhender les conditions de production des innovations, dont le succès est a priori incertain, ainsi que les déterminants et les conséquences du processus en termes de structures de marchés et d'institutions (Crampes et Encaoua, 2003). La *macroéconomie de l'innovation* cherche à appréhender l'effet des décisions des entreprises et des pouvoirs publics en matière de recherche et développement sur la croissance économique (Aghion et Howitt, 1998).

<sup>4</sup> Voir par exemple Gans et Stern (2003).

<sup>5</sup> Sur la notion d'innovation séquentielle et cumulative, on peut consulter Scotchmer, 2004. Sur la notion de General Purpose Technology on peut consulter l'excellent ouvrage de Helpman, 1998.

"L'homme a été *homo-faber* avant d'être *homo-sapiens*", pour reprendre une expression du philosophe Henri Bergson. La **technique**, bien antérieure à la science, n'a pas pour vocation, comme celle-ci, d'interpréter et de comprendre le monde. Elle est essentiellement *opérationnelle*. En d'autres termes sa vocation est pratique et non théorique. Une technique relève ainsi d'un savoir faire spécifique, fruit de l'activité humaine, via des expérimentations et tâtonnements. Les techniques incluent des tours de main, des recettes et méthodes, des savoir-faire pratiques pour produire un objet, pour procéder à une opération de fabrication ou conduire à une prestation de service. Les connaissances relatives à la technique sont en général **tacites**, c'est-à-dire qu'elles nécessitent un apprentissage spécifique auprès de ceux qui les maîtrisent pour pouvoir être transmises.

La **technologie** renvoie à un stade plus élaboré. Elle associe une connaissance théorique scientifique permettant de maîtriser le savoir-faire empirique d'une technique, ce qui permet d'expliquer *pourquoi* et *quand* cela fonctionne, alors qu'une technique se limite en général à comprendre *comment* cela fonctionne. La technologie est de ce fait une technique enrichie par de la compréhension scientifique. Elle relève davantage d'une connaissance **codifiée**, ce qui la rend en général plus aisée à enseigner et transférer qu'une technique.

Le passage de la technique à la technologie, c'est-à-dire du "*savoir comment ça marche*" au "*savoir pourquoi et quand ça marche*", grâce à l'apport central de la science, est une étape historique cruciale et tardive dans l'histoire des sociétés, sur laquelle on revient plus loin.

### **Progrès technique**

Dans son article pionnier de l'estimation d'une fonction de production, Solow (1957) définissait le **progrès technique** comme la part de la croissance inexplicée par les facteurs travail et capital. Au cours de la période 1909-1949, le produit par heure travaillée avait doublé aux Etats Unis et cet accroissement n'était que très partiellement expliqué par l'accroissement du capital par tête. De ce fait, Solow attribuait au **progrès technique**, qualifié de prime abord comme une mesure de notre ignorance, la majeure partie de la croissance. Le progrès technique se manifeste ainsi par un déplacement de la **frontière de la fonction de production**, tout comme une découverte se manifeste par un déplacement **de la frontière des connaissances**. Mais les deux phénomènes ne sont pas identiques, et c'est bien là que réside toute la difficulté des interactions entre science et technologie.

Plus récemment, la théorie de la **croissance endogène** a cherché à donner de la consistance à la notion de progrès technique. D'une part, pour expliquer la pérennité d'une croissance de long terme alors que les facteurs travail et capital sont soumis à la loi des rendements décroissants, il a fallu introduire un élément spécifique, le facteur **connaissance** (Romer, 1990; Grossman et Helpman, 1991; Aghion et Howitt, 1992) dont l'accumulation obéit à la loi des rendements croissants. D'autre part, le facteur connaissance a lui même été **endogénéisé**: son accumulation résulte de la décision des différents acteurs d'investir en S, R et D, pour produire aussi bien des nouvelles connaissances que des nouveaux biens, ou encore pour accroître la qualité des biens offerts. La théorie de la croissance endogène ne distingue pas les types de connaissances produites. Elle suppose plus simplement que l'incorporation des nouvelles technologies induites par la production de nouvelles connaissances est à la fois la source d'un *avantage concurrentiel pour les entreprises* (ce qui les incite à réaliser les investissements nécessaires) et le *moteur de la croissance économique* (du fait de leur impact sur la fonction de production globale).

A la différence des modèles de croissance exogène basés sur les rendements décroissants, dans un modèle de croissance endogène, le taux de croissance d'un pays peut se maintenir, voire s'accroître au cours du temps, non seulement en fonction de l'effort en S, R et D mais également en fonction du cadre institutionnel qui favorise la production et le transfert des connaissances. C'est ce double

objectif, **production et diffusion des connaissances**, que cherchent à atteindre les politiques technologiques contemporaines.

## Le passage de la technique à la technologie

Plutôt que de distinguer science et technologie, l'historien américain Joel Mokyr (2000) distingue deux types de connaissances :

- d'une part, une connaissance qui établit des **propositions** (qualifiée de ce fait de "*propositionnelle*"), des lois et des principes, en observant, en testant des hypothèses, en classant et mesurant les phénomènes, etc.
- d'autre part, une connaissance qui énonce des **prescriptions** (qualifiée de ce fait de "*prescriptive*") en décrivant divers domaines et activités humaines relevant de la production, de la consommation matérielle et des structures organisationnelles.

Pour faire le lien avec les notions de base précédentes, on peut dire qu'une avancée en terme de *connaissance propositionnelle* correspond plus ou moins à une *découverte* tandis qu'une avancée en terme de *connaissance prescriptive* correspond plus ou moins à une *invention* ou une *innovation*.

Même si la connaissance possède la propriété d'être un bien *sans exclusion d'usage* (i.e. l'utilisation d'une connaissance par un individu ne réduit pas la possibilité qu'elle puisse être utilisée par d'autres), il n'en demeure pas moins que ce qui compte dans la connaissance en tant que facteur de la croissance économique, c'est son caractère collectif et cumulatif, et non son caractère individuel et occasionnel. *De ce fait, la manière dont la connaissance est produite, protégée, codifiée, véhiculée et diffusée est cruciale.*

*La transmission des savoirs dépend notamment de leur degré de codification, de l'organisation sociale, du coût et du contrôle de l'accès aux contenus.* Par exemple, la société impériale de la Chine ou la société aristocratique de l'Europe de la Renaissance n'ont pu constituer des cadres favorables à la diffusion des connaissances, même si un très grand nombre de savoirs y ont vu le jour.<sup>6</sup>

Pour se servir d'une connaissance prescriptive, un utilisateur n'a pas besoin de maîtriser le savoir scientifique dont elle est issue. *Mais le point important est que la base épistémique sur laquelle se fonde une connaissance affecte de manière significative l'étendue des applications que cette connaissance permet.* Plus la base épistémique est large, c'est-à-dire plus son niveau de généralité est élevé, plus le nombre d'applications qu'on peut en déduire est grand. De ce fait, l'étendue de l'ensemble des connaissances propositionnelles à un moment donné du temps détermine l'ensemble des connaissances prescriptives, c'est-à-dire l'ensemble des applications à ce moment du temps.

Pour un historien comme Joel Mokyr, la question est de dater la période durant laquelle le rythme de croissance des bases épistémiques de la connaissance fait passer le progrès technique d'un état *ponctuel, occasionnel* et *fortuit* à un état *continu, permanent* et *systématique*.<sup>7</sup> C'est ce passage qui conduit, selon Mokyr, à un *processus auto-entretenu d'accumulation des connaissances*.

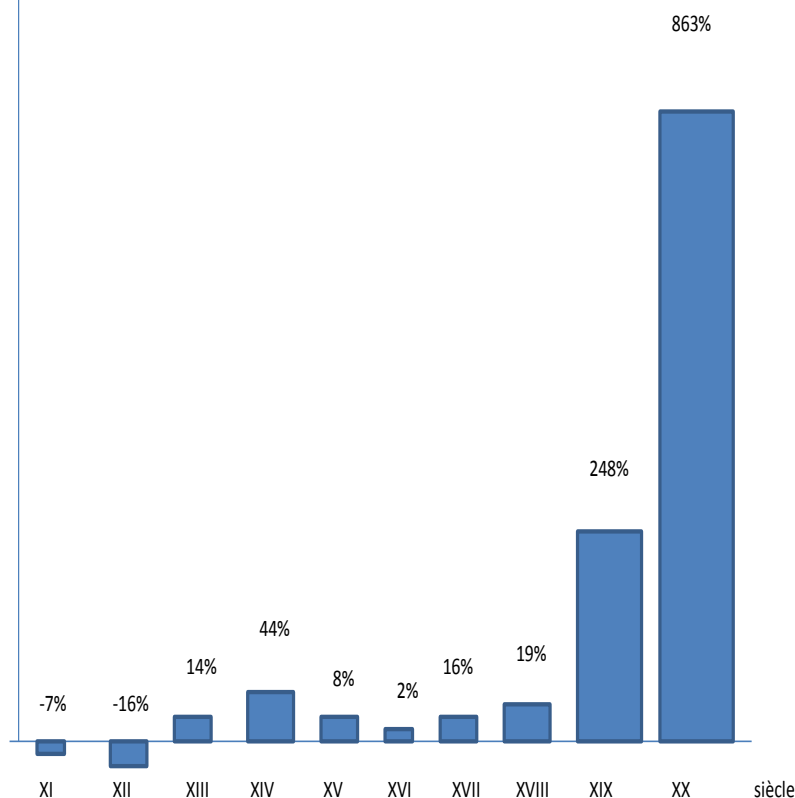
---

<sup>6</sup> Pour de plus amples développements sur ce point, on pourra consulter David (2000) et Mokyr (2000)

<sup>7</sup> Il est intéressant de nuancer la thèse développée par Joel Mokyr, du passage d'un état occasionnel à un état permanent, par le regard critique de Claude Lévi-Strauss, exposé dans *Race et Histoire*, chapitre 8 *Hasard et Civilisation* : « On lit dans les traités d'ethnologie, et non des moindres, que l'homme doit la connaissance du feu au hasard de la foudre ou d'un incendie de brousse, que la trouvaille d'un gibier accidentellement rôti lui a révélé la cuisson des aliments, que l'invention de la poterie résulte de l'oubli d'une boulette d'argile au voisinage d'un foyer. On dirait que l'homme aurait d'abord vécu dans une sorte d'âge d'or technologique, où les

L'hypothèse de Mokyr est que cette rupture se situe au cours de la révolution industrielle du XIXème siècle : *l'intrication entre la technique et la science qui a conduit à la technologie* aurait véritablement commencé à cette période. Selon le mot du philosophe britannique Alfred North Whitehead (1925), la grande invention du XIXème siècle a été l'invention de la "*méthode pour inventer*". Avant le XIXème siècle, le progrès des connaissances était de type prescriptif, c'est-à-dire qu'il consistait en une accumulation de techniques. A partir du XIXème, les sociétés industrielles ont cherché à comprendre les principes à la base du fonctionnement des techniques, ce qui correspond bien à la démarche scientifique. C'est de cette période que résulterait **le passage d'un état des connaissances gouverné par la technique à un état des connaissances gouverné par la technologie, c'est-à-dire une combinaison de science et de technique**. Le graphique suivant, tiré de DeLong (2000) et Varian (2004), représente la croissance du PNB par habitant au cours des dix siècles passés. Il illustre bien la pertinence de cette thèse.

Croissance mondiale par siècle du PNB réel par habitant  
(Bradford DeLong, 2000, Hal Varian, 2004)




---

*inventions se cueillaient avec la même facilité que les fruits et les fleurs. A l'homme moderne seraient réservées les fatigues du labeur et les illuminations du génie. Cette vue naïve résulte d'une totale ignorance de la complexité et de la diversité des opérations impliquées dans les techniques les plus élémentaires.... »* Je remercie Christine Halmenschlager d'avoir attiré mon attention sur ce passage.



## La subordination de la technologie à la science : le modèle linéaire

Sautons un siècle après la révolution industrielle et passons de la deuxième moitié du XIX<sup>ème</sup> à la deuxième moitié du XX<sup>ème</sup>.<sup>8</sup> Il est maintenant largement admis que l'effort de l'Etat fédéral américain a fortement contribué à l'âge d'or de la recherche fondamentale aux EU. Pour ne citer qu'un exemple, l'invention du transistor vers la fin des années 1940, a été à l'origine de la révolution électronique et des télécommunications (Mowery, 2009). La contribution de l'Etat fédéral américain a été double: *par le financement des recherches de base*, d'une part, *et par la commande publique*, d'autre part.

Après la seconde guerre mondiale, le rapport de Vannevar Bush (1945), établi à la demande du président Roosevelt, devait proposer une *orientation des politiques scientifique et technologique en temps de paix*.

D'une part, ce rapport proposait un type d'organisation à mettre en place pour assurer l'indépendance des institutions assurant le financement public de la recherche fondamentale.

D'autre part, il suggérait une orientation spécifique dans les relations entre la recherche fondamentale et ses applications industrielles, subordonnant le développement des secondes à celui de la première. Cette relation de dépendance selon laquelle l'amont (la science) conditionne l'aval (les applications technologiques) est à la base du **modèle dit linéaire**. Deux principes en résument l'esprit.

Le premier est que *la recherche fondamentale doit se développer en ignorant les finalités possibles ou les retombées industrielles éventuelles de la science*. Même si ce principe ne suffit pas à caractériser la science, il a pour effet de tracer une muraille de Chine entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée pour trouver des solutions utiles et pratiques à des problèmes concrets. Une *stricte indépendance de la recherche fondamentale par rapport à la recherche appliquée* était ainsi visée. La tentation de vouloir mêler les deux conduirait, selon Vannevar Bush, à l'éviction de la science pure au profit de la recherche appliquée et au tarissement inéluctable de la source du progrès technique, de la même manière qu'une mauvaise monnaie chasse la bonne.<sup>9</sup>

Le deuxième principe est qu'en séparant la science pure de ses applications, non seulement on crée les conditions optimales de production de la recherche fondamentale, mais également et surtout, on ***favorise le développement des applications potentielles dans de multiples directions***. Cette position à la base du **modèle linéaire** exprime la conviction que la connaissance scientifique est le moteur de l'innovation technologique et donc de la croissance économique. ***Le retard technologique d'un pays ne serait ainsi que la manifestation de son retard scientifique.***

---

<sup>8</sup> Le lecteur intéressé par l'histoire des interactions entre la science et la technologie aux EU depuis la Constitution américaine (1787) et surtout après la 1<sup>ère</sup> guerre mondiale, trouvera dans Audretsch *et al.* (2003) un condensé instructif, décrivant notamment l'émergence des principales institutions et législations qui ont jalonné la coordination par l'Etat fédéral des développements scientifique et technologique.

<sup>9</sup> Sur le plan des idées économiques, une illustration de l'indépendance entre recherche fondamentale et appliquée est donnée par les travaux de l'économiste américain John Nash sous les auspices de la Rand Corporation. Le théorème d'existence d'un équilibre non coopératif d'un jeu à n joueurs devait avoir un retentissement considérable sur le développement ultérieur de l'analyse économique. La Rand (acronyme de Research and Development) fondée en 1945 par l'US Air Force, a abrité, entre autres, des noms devenus célèbres en théorie économique, comme John von Neumann, Richard Bellman, John Forbes Nash, etc.

Le modèle linéaire se présente schématiquement sous la forme des implications suivantes (Audretsch, 2003, p. 163) : *Recherche de base* → *Recherche appliquée* → *Développement* → *Progrès technique* → *Production accrue* → *Croissance économique*.

Sur le plan de l'intervention publique, trois principes résultent du modèle linéaire :

1. La priorité absolue est d'assurer la *permanence d'un financement public de la science pure*, via des agences publiques indépendantes (la NSF sera créée à la suite du rapport de Vannevar Bush);
2. Le choix des projets de recherche auxquels il convient d'accorder un financement public doit incomber aux *seuls scientifiques sans interférence avec les choix publics* en termes d'objectifs;
3. La *participation de l'Etat au financement de la recherche appliquée par les entreprises ne s'impose pas*, pour peu que les Pouvoirs Publics contribuent à la réalisation de trois conditions fondamentales : i/ la formation par *l'université* de cadres hautement qualifiés ; ii/ le bon fonctionnement d'un *marché du capital risque* pour financer la R&D des entreprises ; iii/ un système de *protection intellectuelle* suffisamment incitatif pour que les entreprises investissent en R&D.

Les bénéfices de ces trois principes, selon Vannevar Bush, étaient clairement identifiés : "*Une nation qui dépend de l'extérieur pour les connaissances scientifiques de base nouvelles connaîtra un progrès industriel faible et sera faiblement compétitive dans le commerce mondial, quel que soit son degré d'habileté technique.*"

### Remise en question du modèle linéaire

Les prescriptions du rapport de Vannevar Bush devaient connaître un double destin aux E-U. D'une part, la recommandation d'une **organisation centralisée** de la recherche de base n'a pas été respectée. Après la création de la NSF en 1950, différentes agences publiques spécialisées ont vu le jour, dotées chacune d'une *mission spécifique*, telles que le Département de la Défense (DoD dont dépend l'agence de financement DARPA, Defense Advanced Research Projects Agency), la NASA pour le spatial, le DoE pour l'énergie, le National Institute of Health (NIH) pour la santé, etc. Non seulement la centralisation du financement par une agence publique unique n'était plus de mise, mais de plus les critères de financement étaient également différenciés selon le type d'agence. Certaines agences finançaient des programmes de recherche non ciblée, choisis par les chercheurs eux-mêmes, tandis que d'autres finançaient des appels d'offres correspondant à leurs propres besoins. Le choix par l'Etat fédéral américain de poursuivre une politique publique de type "**mission oriented**" (comme cela avait été le cas avant la 2<sup>ème</sup> guerre mondiale) plutôt que "**diffusion oriented**" comme le préconisait le rapport Bush, était ainsi confirmé (Ergas, 1987).

D'autre part, sur le plan des **principes**, le modèle linéaire subordonnant la technologie à la science et correspondant à l'âge d'or de la suprématie américaine, commençait lui-même à s'écorner à partir des années 1980, période durant laquelle les EU ont douté de leur supériorité technologique (cf. Destourzos *et al.* 1989).

L'ouvrage plus récent de Donald Stokes (1997) contribuait également à douter de la pertinence du modèle linéaire. La thèse de Stokes est que les *barrières conceptuelles entre la recherche pure et la recherche appliquée*, en termes de motivation ou de finalité, érigées en dogme par Vannevar Bush, ne sont pas toujours justifiées. Plus précisément, Stokes explique que certains travaux scientifiques sont motivés et conçus, dès le départ, **à la fois** pour *faire reculer les frontières de la connaissance pure* **et** pour *satisfaire une demande ou une utilité sociale définie à l'avance*. L'idéal de ce type de

travaux était symbolisé par la figure de **Louis Pasteur**, en tant que précurseur d'une discipline, la microbiologie, combinant ces deux motivations à la fois. Stokes suggérait également que d'autres travaux puissent n'être motivés que par l'aspect *connaissance pure*, représentés alors par la figure de **Niels Bohr** en tant que précurseur de la physique de l'atome, même si ultérieurement les travaux de Bohr se sont avérées être à l'origine de multiples applications technologiques. Enfin, pour compléter son analyse, Stokes n'excluait pas qu'un troisième type de travaux puisse n'être motivés que par une *demande ou une utilité sociale*. Ces derniers travaux étaient représentés par la figure de **Thomas Edison** en tant qu'inventeur du filament de la lampe électrique.

L'abandon du modèle linéaire, subordonnant la technologie à la science, est lourd de conséquences. *L'une d'elles est que la conception de la politique technologique, c'est-à-dire le choix des leviers sur lesquels les Pouvoirs Publics (PP) peuvent et doivent agir pour favoriser une croissance fondée sur la connaissance, devient beaucoup plus complexe et source de questionnements divers.*

La **coévolution de la recherche fondamentale et de la recherche appliquée** signifie que toutes deux sont à la base d'une **croissance fondée sur l'innovation**. Cette coévolution implique que les PP interviennent aujourd'hui sur les trois composantes à la fois : S, R et D. Pour le dire plus simplement, l'innovation est fondamentalement pensée comme résultant d'un partage des savoirs et des compétences entre différents membres de la société. Le partenariat public – privé se développe autour d'un large spectre, s'étendant de la recherche de base coopérative associant plusieurs laboratoires, relevant notamment de l'université et de l'industrie, jusqu'à une recherche appliquée coopérative bénéficiant de subventions publiques et associant différents partenaires pour le développement de nouvelles technologies.

### **La coévolution science-technologie**

La mise en cause du modèle linéaire subordonnant la technologie à la science n'implique pas l'absence de relations entre ces deux entités mais signifie plutôt que les relations sont à double sens. *La science détermine la technologie, tout autant que le développement de la science dépend de l'état de la technologie.* Il suffit de songer par exemple au rôle que peut jouer un nouvel instrument de recherche dans une découverte. De même, la compréhension d'une loi scientifique peut ne se réaliser qu'après la mise au point d'un prototype, nécessitant lui-même une série d'expérimentations ultérieures et débouchant éventuellement sur une découverte.

De manière plus générale, la **coévolution** et la **complémentarité entre la science et la technologie** font intervenir le **marché**, mais à des degrés variables selon le domaine. La complémentarité ne remet pas totalement en cause le modèle linéaire, mais elle le nuance fortement comme l'illustre cette citation de Richard Nelson (2004) : *"l'accumulation d'une base scientifique importante, financée par l'Etat, est la condition nécessaire pour que le marché soit le moteur du progrès technique au travers des innovations que permet le libre accès à cette base de connaissances, conçue comme un bien public."*

On comprend ainsi que nombre de travaux contemporains s'interrogent sur les conséquences négatives d'un renforcement de la propriété intellectuelle qui, non seulement autorise que des travaux financés sur des fonds publics soient protégés par un brevet (comme cela est le cas depuis 1980 aux EU du fait du Bayh-Dole Act) mais encore interdit parfois que des travaux brevetés par des scientifiques puissent être librement utilisés par d'autres scientifiques dans une optique de recherche pure (Murray *et al.* 2009).

Au cœur de la **coévolution** entre science et technologie les relations s'opèrent par différents canaux, du fait des intrications assez complexes entre les trois acteurs principaux que sont l'Etat, l'Industrie<sup>10</sup> et l'Université, sans compter les autres acteurs non moins fondamentaux que sont les utilisateurs, les régions, les territoires, etc. Une très brève illustration de ces interactions aux EU, au travers des sources de financement et des lieux d'exécution de la R&D, est présentée ci-dessous.

### La situation contemporaine aux E-U : financement et exécution de la R&D

Une première idée de l'interaction entre les trois types d'acteurs que sont l'Industrie, l'Etat fédéral et l'Université est fournie par les indicateurs décrivant les sources de financement et les lieux d'exécution de la R&D. Les chiffres qui suivent se réfèrent à 2008, année la plus récente pour laquelle des statistiques officielles sont disponibles pour les Etats-Unis (National Science Board, 2010).

a/ Du point de vue des **sources de financement**, les dépenses totales de R&D (\$398 milliards) sont financées comme suit : 67% par l'industrie, 26% par le gouvernement fédéral et le reste (7%) par les Universités. Cette répartition des sources de financement entre les trois types d'acteurs est restée relativement stable au cours des dix dernières années, avec néanmoins une part accrue du financement par l'Industrie, après une longue période où la part de l'Etat restait dominante.

Si on décompose les dépenses de R&D en **recherche de base (S)**, **recherche appliquée (R)** et **développement (D)**, il apparaît que:

- Le **développement (D)** représente la majeure partie, soit 60% (\$ 240 M). Il est financé essentiellement par l'industrie (84%) et de manière non négligeable par le gouvernement fédéral (15%).
- La **recherche appliquée (R)** représente 22% (\$89 M). Elle est financée essentiellement par l'industrie (61%) et par le gouvernement fédéral (33%), et accessoirement par divers laboratoires de recherche (6%).
- La **recherche de base (S)** représente 17% (\$69 M). Elle est financée par le gouvernement fédéral (57%), l'industrie (17%) et autofinancée par l'Université elle-même (14%).

b/ Du point de vue du **lieu d'exécution**, la R&D (\$398 M) a été effectuée en 2008 à 73% dans l'industrie, 13% dans les universités, le reste (14%) se ventilant entre laboratoires fédéraux et laboratoires de recherche financés sur fonds publics (FFRDC).<sup>11</sup> Chacune des trois composantes S, R et D est ventilée dans les proportions suivantes selon les lieux d'exécution :

- La **recherche de base** (\$ 69 M) est effectuée à 57% dans les universités, 12% dans l'industrie, le reste (31%) entre différentes institutions, dont les laboratoires fédéraux et les FFRDC.
- La **recherche appliquée** (\$ 89 M) est effectuée à 69% dans l'industrie, 12% dans les universités et le reste (19%) dans des laboratoires de l'état fédéral.
- Enfin le **Développement** (\$ 240 M) a lieu essentiellement dans l'industrie (84%) et accessoirement dans des laboratoires financés sur fonds publics (15%).

---

<sup>10</sup> Il s'agit ici de l'Industrie au sens large, c'est-à-dire de l'ensemble des entreprises des secteurs manufacturiers et des services.

<sup>11</sup> Les FFRDC (Federally Funded Research Department Center) ont un rôle crucial aux EU (il en existe plus de 700) dans la recherche coopérative avec l'Industrie et le transfert des connaissances (voir Audretsch et al. 2003).

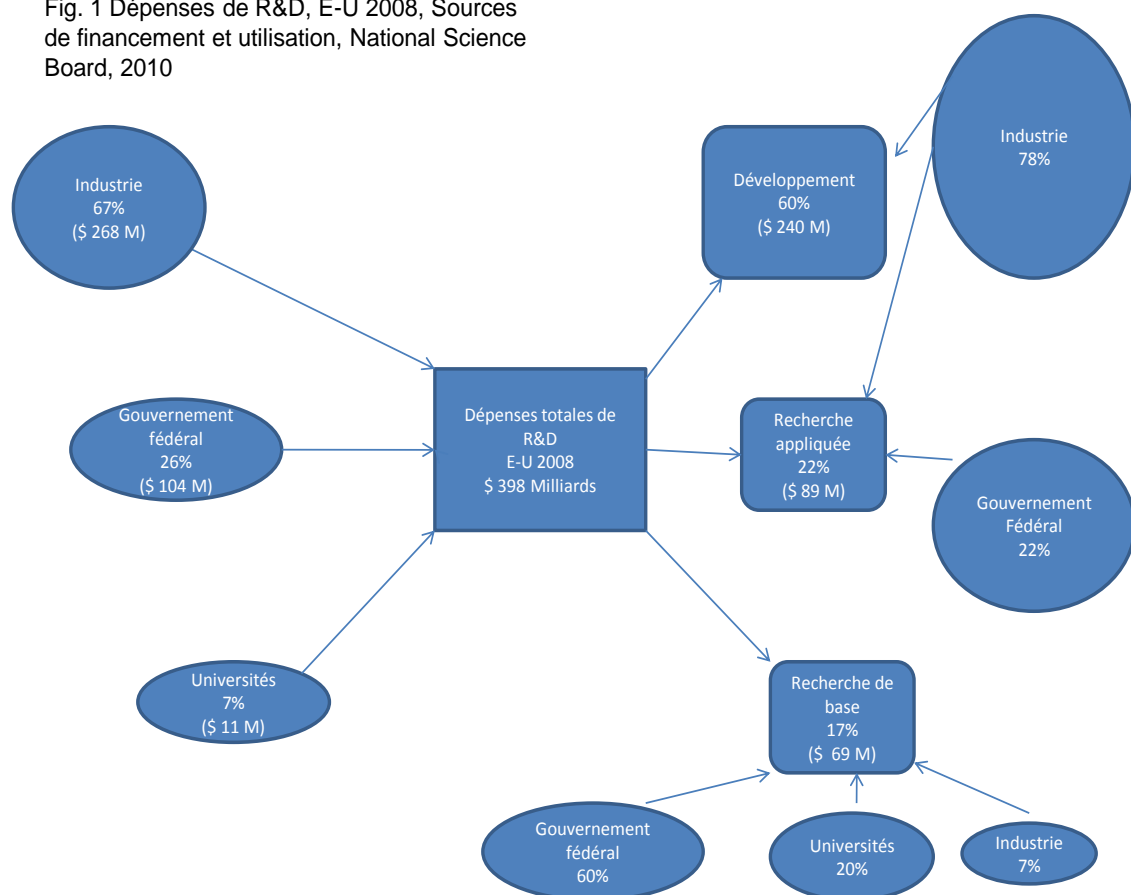
Plusieurs indications se dégagent ainsi de ces données.<sup>12</sup>

**1/** Le modèle linéaire qui recommande que l'Université réalise la recherche de base, l'Etat la finance, et l'Industrie finance, réalise et développe la recherche appliquée, n'est pas strictement à l'œuvre. Les interactions entre ces trois types d'acteurs sont plus subtiles, sans toutefois bouleverser totalement le modèle linéaire.

**2/** Le D l'emporte de loin sur le R dans les dépenses de recherche appliquée.

**3/** Tout en bénéficiant de financements privés, la recherche dans les universités reste en majeure partie fondamentale et plus accessoirement appliquée mais sans déboucher pour autant sur le marché.

Fig. 1 Dépenses de R&D, E-U 2008, Sources de financement et utilisation, National Science Board, 2010



**c/** Enfin, il est intéressant d'examiner ce qu'il est advenu de la **centralisation du financement public de la recherche** que recommandait le rapport Bush. Là encore, le schéma prescrit n'a pas été vérifié. Pour le voir, examinons comment les différentes agences publiques *répartissent leur budget R&D*

<sup>12</sup> En croisant la source de financement et le lieu d'exécution de la recherche, on constate que : i/ 22% du budget recherche du gouvernement fédéral américain est réalisé dans l'industrie; ii/ 7% de la recherche de base est financée par l'Industrie.

entre les trois catégories de dépenses **S**, **R** et **D** (tableau 1). Il existe plus de 20 agences publiques qui financent la R&D aux E-U, mais le budget fédéral est largement concentré dans trois d'entre elles, qui représentent 85% de l'ensemble du budget fédéral en R&D : la défense (**DoD**), la santé (**HHS**) et l'énergie (**DoE**)<sup>13</sup>.

Les fonds du **Département de la Défense** (\$ 59 M, soit 51% du budget fédéral global de R&D) vont quasi exclusivement à l'industrie au travers du **Développement** (88%). On retrouve là une caractéristique bien connue: par sa politique de commandes publiques, le Département de la Défense favorise la création de marchés pour les nouveaux biens, dont le démarrage est essentiel pour leur développement avant d'atteindre le stade de la production de masse. Le rôle précurseur du DoD a été historiquement déterminant dans le développement des industries des technologies d'information et de télécommunications (Mowery, 2009) et d'Internet (Greenstein, 2010). Le Département de la Défense relève essentiellement d'une orientation de type **recherche finalisée** (*"mission oriented"*).

Les fonds du **Département de la Santé** (\$ 30 M, soit 26%) transitent essentiellement par l'agence NIH et se répartissent à peu près également entre **recherche de base** et **recherche appliquée**. Le rôle de l'Etat fédéral a été déterminant dans le succès des sciences de la vie (Cockburn & Stern, 2010). Selon les catégories de Donald Stokes, l'agence NIH financerait des projets relevant du modèle de recherche « à la Louis Pasteur ».

Enfin, les fonds du **Département de l'Energie** se répartissent uniformément entre **S**, **R**, et **D**, signalant ainsi la phase d'expérimentation dans laquelle se trouvent actuellement la recherche et la production d'énergies alternatives à l'énergie fossile.

Juste en dessous de la NASA dont le budget a beaucoup baissé ces dernières années, le budget de la **NSF** (\$ 4.031 M) finance quasi exclusivement des **recherches de base** (92%). Le budget de la NSF a diminué ces dernières années et plusieurs voix se sont élevées pour déplorer cette baisse, y voyant là le signe de la perte d'influence, non seulement du modèle linéaire de Vannevar Bush, mais également celle de la maîtrise du moteur de la croissance endogène (Nelson et Romer, 1996).

Il ne faut cependant pas perdre de vue que d'autres agences publiques financent également des recherches fondamentales, de manière beaucoup plus importante que la NSF, comme par exemple le **NIH** (\$ 29 M) dans le domaine de la santé. Le financement combiné de la R&D par la NSF et le NIH s'élève en 2008 à \$ 33 M.

---

<sup>13</sup> Les principaux départements et agences désignés au tableau 1 sont par ordre d'importance décroissante : Department of Défense (DoD), Health and Human Services (HHS), Department of Energy (DoE), National Aeronautics and Space Administration (NASA), National Science Foundation (NSF), United States Department of Agriculture (USDA), Department of Commerce (DoC), Department of Transport (DoT).

Tableau 1: Les agences publiques de  
financement de la R&D aux E-U en 2008  
(National Science Board, 2010)

Agence	Budget fédéral R&D (milliard \$)	Recherche de base (%)	Recherche appliquée (%)	Développe ment (%)
Toutes agences	115	24%	24%	52%
DoD	59 (51%)	3	9	88
HHS	30 (26%)	54	46	0
DoE	8 (8%)	40	36	25
NASA	6	21	13	66
NSF	4	92	8	0
USDA	2	42	51	7
DoC	1	10	81	9
DoT	1	0	72	28

La spécificité de la NSF est d’être une **agence de moyens**, finançant essentiellement des recherches fondamentales relevant d’une recherche « à la Niels Bohr », dans toutes les disciplines autres que la médecine et les sciences de la vie, mais aussi des recherches appliquées. La NSF est la seule agence publique américaine qui fonctionne à peu près dans l’esprit des recommandations de Vannevar Bush. Les autres agences sont orientées vers des missions spécifiques bien identifiées.

Pour conclure cette première partie, le bref détour historique aura permis de mieux comprendre l’évolution des relations entre la science et la technologie. La technologie a d’abord émergé au 19<sup>ème</sup> siècle grâce au questionnement scientifique qui a transformé le savoir-faire tacite des techniques en des connaissances explicites propres aux technologies. Ce passage de la technique à la technologie a permis une croissance économique qui ne butait plus sur la loi des rendements décroissants des facteurs. Une subordination de la technologie à la science, ou encore de la recherche appliquée à la recherche fondamentale a pu être ainsi suggérée. Mais cette subordination, fondement du modèle linéaire, n’a pas résisté à l’explosion de l’économie de la connaissance et au flot d’innovations technologiques qui en a résulté. C’est désormais une coévolution de la science et de la technologie qui est à l’œuvre.

La coévolution contemporaine s’observe dans certains aspects de la politique technologique fédérale américaine en matière de R&D.

D’une part, les interactions entre les trois acteurs que sont l’Etat, l’Industrie et l’Université<sup>14</sup> révèlent des canaux de financement et d’exécution de la R&D plus diversifiés que ne laisse penser le modèle linéaire. Selon la mission qui leur est confiée, les différentes agences publiques répartissent différemment leur financement de la R&D entre les trois composantes S, R et D.

D’autre part, l’importance de la phase de développement dans le succès des innovations, attestée par le fait que le poste D dépasse désormais celui de la recherche appliquée R, amène l’Etat à subventionner des composantes de recherche appliquée et de développement de certaines entreprises. Enfin, au-delà du financement de la recherche de base, le rôle fondamental de l’Etat fédéral américain est de contribuer à créer les conditions favorables à l’émergence de nouveaux

<sup>14</sup> Auxquels il faut ajouter les FFRDC, voir note 10.

marchés, notamment par sa politique de commande publique et d'aide aux jeunes entreprises innovantes.

## Comment expliquer le paradoxe européen en matière de croissance ?

Commençons par présenter le paradoxe européen en matière de croissance et quelques unes des explications en termes de politiques scientifique et technologique qui lui ont été apportées.

### L'écart de croissance UE-EU

Pourquoi la croissance économique a-t-elle été globalement inférieure dans l'UE, depuis les années 1970 jusqu'aux années récentes qui ont précédé la crise de 2008, malgré la création du marché unique en 1992 qui a rendu comparable la taille des deux continents ? Le phénomène est illustré en soulignant deux composantes de l'écart de croissance. Une valeur ajoutée par habitant plus faible et un chômage plus important en Europe font plus que compenser la relative bonne performance européenne en termes de productivité horaire du travail (Encaoua, 2009).

Partant d'un niveau à peu près égal à la moitié du niveau correspondant aux Etats-Unis en 1960, la productivité du travail mesurée par le Produit National Brut (PNB) par heure travaillée s'est accrue dans l'Union Européenne des 15 pour atteindre en 1995 le niveau américain. Mais durant cette période, la valeur ajoutée par habitant mesurée par le ratio du PNB sur le nombre d'habitants dans l'UE-15 est toujours restée largement en dessous du niveau correspondant aux E-U (par rapport à un niveau 100 aux E-U., ce ratio atteignait à peine les niveaux 60 en 1960 et 75 en 1995), ce qui illustre bien le rôle du chômage dans la plus faible croissance en Europe.

De multiples tentatives d'explications de cet écart de croissance, en termes de politiques scientifique et technologique, ont été avancées.

Les premières mettent en avant l'existence de **rigidités structurelles**<sup>15</sup>, dont celles du **système universitaire**, rigidités qui deviennent des obstacles à une croissance tirée par le savoir dans un contexte de concurrence globalisée (Aghion *et al.* 2009).

Une deuxième catégorie d'explications est que les plus faibles performances de l'Europe seraient dues à une **moindre capacité à transformer les avancées scientifiques en innovations sur le marché**. Selon cette explication, le paradoxe européen traduirait *l'existence d'un décalage entre une performance honorable sur le plan scientifique et un retard sur le plan technologique*, du fait entre autres de l'absence d'institutions et d'incitations favorisant les transferts de connaissances vers l'industrie. Cette thèse est fortement combattue par Dosi *et al.* (2006).

Un troisième type d'explication met l'accent sur **l'insuffisance de l'effort de R&D**, notamment l'effort privé, plus particulièrement dans certains pays et dans certains secteurs, entraînant alors des performances différenciées entre pays européens. Ceux où les investissements en Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) ont été les plus élevés auraient connu un progrès technique plus important. C'est notamment le cas du Danemark, de la Finlande, de l'Irlande et de la Suède (Pyyhtiä, 2007).

Un quatrième type d'explications met l'accent sur **des dynamiques industrielles différentes** entre l'Europe et les EU. Deux aspects ont été particulièrement examinés. D'une part, *le processus de destruction créatrice serait moins opérant en Europe qu'aux EU* (O'Mahony et van Ark, 2003, Encaoua, 2009). D'autre part, *le nombre de jeunes entreprises innovantes ainsi que leur effort*

---

<sup>15</sup> Je laisse de côté ici les explications fondées sur le marché du travail et les éventuelles rigidités qui lui sont associées en Europe (voir Abowd *et al.* 2000).



*d'investissement en R&D* seraient sensiblement plus faibles dans l'UE qu'aux EU (Veugelers et Cincera, 2010).

Toutes ces explications ont en commun le constat que *l'Europe n'est pas parvenue à définir et mettre en place des politiques scientifiques et technologiques adaptées* pour qu'une croissance tirée par la connaissance et les innovations se manifeste de manière aussi vigoureuse que celle observée aux EU, du moins avant la crise en cours. La complexité des relations entre la science et la technologie et l'absence d'une volonté politique commune dans l'ensemble des pays membres n'auraient pas permis, jusqu'à une période très récente, *l'émergence d'une véritable politique technologique européenne*, aussi intégrée que l'a été, par exemple, la politique de la concurrence européenne (Encaoua & Guesnerie, 2006). Les institutions et incitations en faveur de l'innovation seraient ainsi moins opérantes, en particulier dans l'Industrie où l'intensité en R&D reste très insuffisante. De plus, la R&D industrielle européenne est fortement concentrée dans deux types d'industries: celles de très haute technologie mais dont la demande finale émane des Etats et non des consommateurs finaux et celles de niveau technologique moyen, dont la demande sociale est plus diversifiée. L'absence d'une industrie européenne dans des secteurs de haute technologie et dont la demande finale émane du marché des consommateurs, comme par exemple les NTIC qui ont été l'un des moteurs de la croissance américaine dans un passé récent, est ainsi largement dénoncée, à défaut d'être véritablement expliquée. Enfin, la dynamique industrielle qui s'est notamment traduite aux EU par l'émergence de jeunes entreprises innovantes, devenues leaders technologiques dans leurs industries respectives en moins de trente ans, est manifestement beaucoup moins à l'œuvre dans l'UE, du moins dans de nombreux secteurs d'activité.

On ne saurait ici être exhaustif sur les diverses explications du différentiel de croissance entre l'UE et les EU, ni présenter un bilan critique pour tenter de les départager. L'objectif, plus modeste, est d'illustrer un certain nombre de débats contemporains sur les orientations des politiques scientifiques et technologiques, ouverts par chacune de ces explications. Il n'est pas étonnant que les questions débattues lors de l'élaboration de ces politiques scientifiques et technologiques soient elles-mêmes complexes et non dépourvues d'ambigüités.

### **L'université, acteur économique**

Comme l'a noté Lionel Collet, au colloque de la Conférence des Présidents d'Université en 2009, la référence à « *l'université, en tant qu'acteur économique aurait pu passer, il y a seulement dix ou quinze ans, pour un oxymore. Et aujourd'hui encore, il ne manquerait pas de collègues pour en contester la pertinence* ». Et pourtant...

Partons du paradoxe suivant. De nombreux observateurs s'accordent à juger que le système d'éducation primaire et secondaire est de bien moindre qualité aux EU qu'en Europe. *Comment se fait-il alors qu'à l'échelon suivant, celui de l'enseignement supérieur, le classement s'inverse ?*

La première réponse est que les **moyens financiers consacrés à l'Université sont bien plus faibles dans l'UE qu'aux EU**. La dépense totale consacrée à l'enseignement supérieur représente moins de 1.5% du PIB dans l'UE et plus de 3% aux EU. De plus, la dépense annuelle par étudiant est trois fois plus élevée aux EU qu'en Europe. Enfin, l'accession à l'enseignement supérieur reste encore assez faible dans certains pays européens: alors que 80 % d'une classe d'âge sort diplômée de l'enseignement supérieur au Japon, 60 % en Corée du Sud, 55 % aux EU, à peine 40 % d'une classe d'âge sort diplômée de l'enseignement supérieur en France.

Mais les plus faibles performances du système universitaire européen s'expliquent également par un **environnement institutionnel et des mécanismes d'incitation** différents. Aghion *et al.* (2009) ont montré que les performances universitaires, reflétées par différents indicateurs (classement international, nombre de publications, brevets) dépendent non seulement de l'importance du

financement mais également de deux autres facteurs : d'une part, *le degré d'autonomie universitaire* en matière de budget, de recrutement des étudiants, de recrutement et de rémunération des enseignants chercheurs et, d'autre part, *l'ouverture et la concurrence* auxquelles l'université est confrontée pour l'obtention des fonds.

Une enquête auprès de 196 universités européennes figurant parmi les 500 premières du classement de Shanghai révèle d'abord l'existence d'une forte hétérogénéité entre pays européens en termes d'autonomie, de règles institutionnelles et de gouvernance, comme l'illustrent les indications suivantes. Jusqu'à un passé très récent, la proportion des universités dont le budget doit être approuvé par le gouvernement avant d'être adopté variait considérablement entre pays : 0% pour le Danemark, 13% pour la GB, 100% pour la Finlande, la France et l'Allemagne. Par ailleurs, dans certains pays comme la France, l'Italie et l'Espagne, *les salaires des universitaires* ne varient pas beaucoup entre universités, alors que dans d'autres pays, comme le Danemark, la Finlande, et la Suède, les salaires sont au contraire assez différenciés, pour un statut et une ancienneté donnés. De plus, c'est dans le premier groupe de pays que le processus de *recrutement interne du corps enseignant* est le plus marqué : l'absence d'autonomie et l'endogamie en matière de recrutement semblent fortement corrélées. En combinant les différents critères d'autonomie, en termes budgétaire, de recrutement des étudiants, des enseignants et de politique salariale, une mesure synthétique du **degré d'autonomie** des universités européennes a été utilisée par Aghion *et al.* (2009).

Pour les universités américaines, la distinction est plutôt entre universités *privées* et *publiques*. Les universités privées sont autonomes par leur statut même, et la concurrence pour la sélection des étudiants, le recrutement des enseignants et l'obtention des financements y est en général assez élevée. Par contre, les universités publiques diffèrent selon leur degré d'autonomie en matière budgétaire, en matière de recrutement et en matière de rémunération des enseignants chercheurs.

Le premier résultat auquel parviennent Aghion *et al.* (2009) est que le classement de Shanghai inversé (où la 1<sup>ère</sup> université a le rang 500) est fortement corrélé avec l'indicateur synthétique du degré d'autonomie de l'université. **La corrélation est telle qu'un accroissement du degré d'autonomie d'un montant égal à l'écart type est associé à une remontée de 78 points dans le classement de Shanghai!**

La corrélation positive est vérifiée quelle que soit la mesure retenue du degré d'autonomie de l'université (part du budget couverte par des financements non publics, sélection interne des étudiants, recrutement, rémunération, etc.) et pour toute une série d'indicateurs de performance (classement de Shanghai, nombre de publications par chercheur, nombre de citations, etc.).

Au-delà de la corrélation simple, les auteurs ont également testé la validité de l'hypothèse suivante, suggérée par la corrélation précédente: L'effet d'un accroissement des fonds de recherche sur la productivité d'une université est-il d'autant plus élevé que l'université est plus autonome et fait face à plus de concurrence pour l'obtention des fonds? L'utilisation d'un modèle économétrique testé sur un ensemble d'universités européennes et publiques américaines a permis aux auteurs de parvenir à une réponse positive et significative: **L'autonomie et l'environnement concurrentiel contribuent de manière significative à ce qu'un accroissement des fonds alloués à une université améliore sensiblement les indicateurs de performance.**

### **Décalage entre avance scientifique et retard technologique**

Il a parfois été suggéré, notamment par la Commission Européenne, que l'écart de croissance européen par rapport aux EU serait dû à une plus grande difficulté pour transformer en Europe des performances scientifiques honorables en des performances du même ordre sur le plan technologique, du fait d'un environnement institutionnel moins propice au transfert de

connaissances. Cette thèse est fortement critiquée par Dosi, Llerena et Sylos Labini (2006) selon qui le retard technologique de l'UE ne serait que la manifestation de son retard scientifique (comme le suggérait Vannevar Bush).

Qu'en est-il de la performance scientifique européenne? De l'observation des parts relatives de plusieurs continents, sur l'ensemble des disciplines et par discipline, aux années 1998 et 2008, du nombre d'articles publiés et du pourcentage de citations, on tire différents enseignements (National Science Board, 2010).

1. *Sur l'ensemble des disciplines, en nombre d'articles publiés, les performances relatives des EU et de l'UE à 15 sont assez proches. Toutefois, la répartition en termes de citations souligne un avantage marqué pour les EU.* Même si cet avantage se réduit au cours du temps, il n'en reste pas moins présent. On note également la forte progression entre 1998 et 2008 des performances de la Chine et du groupe Asie 8 (Inde, Indonésie, Malaisie, Philippines, Singapour, Corée du Sud, Taiwan et Thaïlande) à la fois en termes d'articles et de citations.

2. *Par discipline, l'avantage des EU est plus marqué en informatique, en sciences de l'ingénieur et en sciences de la vie (autres que la biologie et la médecine).* Il est intéressant de remarquer que les secteurs d'activité nécessitant des connaissances correspondant à ces disciplines sont celles où l'écart technologique entre l'UE et les EU est également le plus élevé.

Les EU sont-ils plus performants que l'UE en matière de transfert des connaissances ? Plusieurs indications plaident en ce sens. On ne développera pas ici cet argument, en faisant simplement remarquer qu'à la différence de l'UE, les EU ont introduit depuis les années 1980 toute une série de législations spécifiques pour réaliser quatre objectifs : 1/ faciliter le transfert des connaissances ; 2/ faciliter la coopération entre le système universitaire et l'industrie, notamment en permettant à des recherches financées sur fonds publics de générer des flux de revenus via la cession de licences à des acteurs privés (Bayh-Dole Act); 3/ faciliter la coopération entre entreprises pour la mise en commun des activités de R&D (National Cooperative Research Act) ; 4/ introduire une nécessaire participation de l'état fédéral au développement des Petites et Moyennes Entreprises (PME) innovantes (Small Business Innovation Research Act).<sup>16</sup> Certaines de ces mesures sont notoirement absentes en Europe, notamment celle prescrivant que les agences publiques en charge du financement de la R&D consacrent une partie de leur budget aux PME innovantes dans les secteurs d'activité relevant de la mission de l'agence.

## **Insuffisance de la R&D**

La R&D est-elle insuffisante dans l'UE ? Des comparaisons internationales simples apportent d'utiles précisions (National Science Board, 2010 et European Commission, 2010). Les dépenses globales de R&D dans le monde se sont élevées à 1107 trillions (milliers de milliards) de \$ en 2007. En termes de répartition par pays, les EU sont en tête avec 35%, suivis par le Japon avec 13% et la Chine avec 9 %. L'Allemagne et la France sont respectivement 4<sup>èmes</sup> et 5<sup>ème</sup> avec 6% et 4%. En termes de répartition par continents, l'UE des 27 a réalisé 24% de la R&D globale, ce qui la met au 3<sup>ème</sup> rang dans le monde (l'Asie étant le 2<sup>ème</sup> continent avec 31 %, derrière le continent American (EU + Canada) en 1<sup>ère</sup> position avec 40%).

*Mais l'Union Européenne regroupe elle-même des pays assez hétérogènes* du point de vue de leur effort en termes de R&D. Les tableaux suivants présentent quelques comparaisons internationales en

---

<sup>16</sup> Pour une analyse détaillée, se reporter au Chapitre 8 "Innovation Today : A Private-Public Partnership" de l'ouvrage de Suzanne Scotchmer "Innovation and Incentives" (MIT Press, 2004), chapitre coécrit avec Stephen Maurer. Voir aussi Audretsch *et al.* (2003).

termes **d'intensité de la R&D** (R&D/PNB) et en termes de **répartition des sources de financement** (Industrie, Etat, Université, Autres). Deux observations émergent.

1. **L'intensité de la R&D est très variable entre pays membres de l'UE**, le minimum étant de 0.56 % pour la Grèce et le maximum étant de 3.60 % pour la Suède. Avec un ratio de 2.08 %, la France se situe à ½ point de pourcentage derrière l'Allemagne (2.54 %). L'objectif fixé en 2000 à Lisbonne de consacrer au moins 3 % du PNB européen est loin d'être atteint : *en 2007, l'UE à 27 pays en est à 1.77 % contre 2.68 % pour les EU.*
2. Les différences en termes d'effort de financement de la R&D par l'Industrie et par l'Etat sont encore plus marquées. **La part de la R&D globale financée par l'Industrie est bien plus faible dans les pays européens** : *alors qu'aux EU, au Japon et en Chine, l'Industrie finance respectivement 66.4%, 77.7% et 70,4% de la R&D globale, les parts correspondantes ne sont que de 52.4%, 47.2% et 40.4% pour la France, le Royaume Uni et l'Italie.*

S O U R C E  N A T I O N A L  S C I E N C E  B O A R D  2 0 1 0	Pays	R&D 2007 (M \$ )		Intensité R&D (R&D/PNB)
	EU	369		2.68%
	Japon	148		3.44%
	Chine	102		1.49%
	Allemagne	72		2.54%
	France	43		2.08%
	Corée du Sud	42		3.47%
	GB	39		1.79%
	Canada	24		1.82%
	Russie	23		1.12%
	Italie	20		1.13%
	Taiwan	18		2.63%
	Australie	15		2.01%
	Grèce	2		0.58%
	Suède	12		3.60%
	Finlande	7		3.46%

D  
E  
P  
E  
N  
S  
E

R&D  
+  
I  
N  
T  
E  
N  
S  
I  
T  
E

R&D

## Répartition des sources de financement de la R&D (%)

Source: National Science Board, 2010

Pays	Industrie	Etat	Université	Institutions but non lucratif	Exté- rieur
EU	66.4	27.7	2.7	3.2	ND
Japon	77.1	16.2	5.7	0.7	ND
Chine	67.0	26.3	ND	ND	0.9
Allemagne	68.1	27.8	0.0	0.4	3.8
France	52.4	38.4	1.3	0.8	7.0
Corée Sud	75.4	23.1	0.8	0.3	ND
GB	45.2	31.9	1.3	4.6	17.0
Russie	29.4	62.6	0.6	0.	7.2
Canada	47.8	32.8	7.5	2.9	9.0
Italie	40.4	48.3	0.	2.9	8.3

## Faiblesses de la dynamique industrielle

Une quatrième catégorie d'explications met l'accent sur les différences entre l'UE et les EU en termes de dynamique industrielle. Plus précisément deux aspects de cette dynamique ont été analysés : la destruction créatrice et l'âge des entreprises les plus innovantes

### *La destruction créatrice*

La première dimension de la dynamique industrielle s'intéresse au phénomène dit de "*brassage*" qui inclut les *divers mouvements affectant la démographie des entreprises au cours du temps: entrées, sorties, réallocations inter entreprises et variations des parts de marché*. Ces mouvements sont importants car ils reflètent l'étendue du processus de "*destruction créatrice*" et, en tant que tels, ils ont un impact sur le taux de croissance de la productivité du travail. Des comparaisons réalisées sur des données longitudinales d'entreprises révèlent plusieurs résultats (Bartelsman *et al.* 2004, Encaoua, 2009).

Premièrement, le phénomène de réallocation inter entreprises est intrinsèquement beaucoup plus faible dans de nombreux pays européens qu'aux EU et son impact sur le taux de croissance de la productivité des entreprises y est également beaucoup moins important dans l'UE (Bartelsman *et al.* 2004). La part des variations de productivité de l'industrie qui est due à des réallocations de ressources **entre** entreprises (par opposition aux allocations **internes** aux entreprises) est bien plus faible en Europe qu'aux EU.

Deuxièmement, de nombreuses PME en Europe ne paraissent pas autant bénéficier de la taille du marché intérieur en Europe que leurs consœurs de la taille du marché américain. Même si les taux de création d'entreprises sont du même ordre sur les deux continents, le taux de croissance moyen des nouvelles PME qui survivent 4 ans au moins après leur date d'entrée est nettement plus élevé

aux EU que dans l'UE. **Bien plus que les barrières à l'entrée, les barrières à la croissance des PME semblent être beaucoup plus élevées en Europe.**

Troisièmement, la supériorité globale des EU n'est pas uniforme sur l'ensemble des secteurs. C'est dans les secteurs les plus intensifs en R&D et dont la demande sur le marché émane des consommateurs finaux, notamment ceux qui produisent ou utilisent des NTIC, que la supériorité américaine se manifeste le plus.

Notons que cette dimension de la dynamique industrielle, selon laquelle il convient de distinguer les comportements d'innovation des nouveaux entrants de ceux des firmes installées, joue également un rôle important dans les modèles de croissance endogène de la génération la plus récente (Acemoglu et Vu Cao, 2010).

### ***L'âge des entreprises innovantes***

La deuxième dimension de la dynamique industrielle se réfère à la pyramide des âges des entreprises. En analysant la distribution des âges des 1000 premières entreprises américaines et européennes en termes de R&D (European Commission, 2010), et en examinant leur répartition sectorielle sur les deux continents ainsi que leur intensité en R&D, Veugelers et Cincera (2010) sont parvenus à divers résultats.

Les 1000 entreprises ayant réalisé les plus fortes dépenses de R&D en 2007 sont réparties en deux classes, selon qu'elles ont été créées après 1975 (elles sont alors dénommées "Young Leading Innovators" ou "**yollies**") ou avant cette date ("Old Leading Innovators" ou "**ollies**"). Les "**yollies**" ne sont pas des "start-up" mais plutôt des jeunes entreprises innovantes qui ont crû à un taux tellement élevé qu'en un peu plus de trente ans elles ont atteint un leadership en matière de R&D (ex: Oracle, Sun, Microsystems, Google, Amgen, etc.).

*En nombre*, les proportions de "**yollies**" d'origines américaine et européenne sont respectivement de 52% et 20% au sein de l'ensemble des 1000 premières entreprises.

En termes de *R&D*, les "**yollies**" américaines et européennes réalisent respectivement 33% et 8% de la R&D globale des 1000 premières entreprises.

En termes de *CA*, les "**yollies**" américaines et européennes réalisent respectivement 18% et 5% du CA des 1000 premières entreprises.

Enfin, en termes d'*emplois*, les "**yollies**" américaines et européennes emploient respectivement 19% et 4% des salariés des 1000 premières entreprises.

***Quelle que soit la variable choisie, la part des jeunes entreprises innovantes européennes est ainsi plus de trois fois plus faible que celle des jeunes entreprises innovantes américaines.***

Outre le fait que les jeunes entreprises innovantes sont moins nombreuses en Europe qu'aux EU, le plus important est qu'elles sont bien moins intensives en R&D que leurs consœurs américaines. En 2007, les ratios R&D sur Chiffre d'Affaires des "**yollies**" américaines et européennes sont en moyenne égaux respectivement à 10.2% et 4.4%. ***L'intensité en R&D des jeunes entreprises innovantes est près de trois fois plus importante aux EU que dans l'UE.*** Par comparaison, l'écart entre les "**ollies**" américaines et européennes, en termes d'intensité de la R&D, est beaucoup plus faible.

Au total, comparée à l'intensité en R&D de l'ensemble des entreprises innovantes d'origine américaine (niveau 100), celle des entreprises innovantes d'origine européenne est inférieure de moitié (niveau 45). Mais cet important écart n'est pas dû essentiellement aux "**ollies**" (niveau 82 pour les européennes), mais bien plutôt aux "**yollies**" (niveaux 42 pour les européennes).

L'écart de performance entre les entreprises européennes et américaines se décompose ainsi en trois sources: i/ un plus faible nombre de "yollies" d'origine européenne (34 % de l'écart); ii/ une plus faible intensité de la R&D des "yollies" européennes (55% de l'écart); iii/ une plus faible intensité de la R&D des "ollies" européennes (11% seulement de l'écart).

En termes de taux de croissance annuel moyen des dépenses en R&D sur la période 2004-2007, les différences sont aussi marquantes. ***Dans l'UE, la croissance de la R&D des "yollies" ne contribue qu'à hauteur de 10% de la croissance globale des dépenses de R&D des 1000 premières, la proportion correspondante pour les EU étant de 47%.***

Enfin, l'intensité de la R&D dans différents secteurs clés permet d'identifier les faiblesses sectorielles européennes.

Dans la *biotechnologie*, le pourcentage des "yollies" européennes est plus faible (12% vs 17%), et l'intensité de leur R&D est également plus faible (18% vs 27%). Les deux effets, nombre et intensité plus faibles en Europe, se conjuguent dans ce secteur.

Dans l'industrie des *semi-conducteurs*, l'intensité de la R&D des "yollies" américaines et européennes est à peu près identique (18% vs 17%), mais le pourcentage de "yollies" est beaucoup plus faible dans l'UE qu'aux EU (10% vs 20%). Dans cette industrie, seul l'effet nombre est présent.

Dans l'industrie des *équipements de télécommunications*, où l'UE détient une position technologique forte, il y a très peu de "yollies" d'origine européenne, mais celles qui sont présentes sont plus intensives en R&D, à la fois par rapport aux "ollies" européennes et par rapport aux "yollies" américaines. Dans cette industrie, la forte intensité en R&D des "yollies" européennes fait plus que compenser leur plus faible nombre.

Dans l'*industrie pharmaceutique*, la grande majorité des entreprises innovantes ne sont pas "jeunes" mais celles qui le sont en Europe ont une intensité en R&D nettement plus élevée (25%) que les jeunes entreprises innovantes américaines (14%) et que les "vieilles" entreprises innovantes, aussi bien européennes (15%) qu'américaines (15%). Le même phénomène que dans les télécommunications apparaît ici.

Dans les *industries des NTIC*, le secteur *Internet* illustre bien les faiblesses de l'UE. Aucune entreprise innovante européenne, qu'elle soit "jeune" ou "vieille", ne figure au sein des 1000 premières. Or, selon beaucoup d'observateurs, c'est précisément par le biais d'Internet que s'est opérée l'avance américaine, du fait de nouveaux réseaux de commercialisation et de la numérisation des activités de marché de tout un ensemble de nouveaux biens dans les télécommunications, l'automobile et l'électronique de masse.

Enfin, il est intéressant d'observer que dans les trois secteurs où le pourcentage de "yollies" est plus élevé dans l'UE qu'aux EU, à savoir les *services informatiques, l'électronique et les logiciels*, les performances des entreprises européennes innovantes en termes d'intensité de la R&D sont comparables à celles des entreprises américaines innovantes.

Au total, il apparaît que globalement, l'UE manque beaucoup de jeunes entreprises innovantes qui atteignent le leadership mondial, notamment dans les secteurs où l'intensité de la R&D est très élevée comme par exemple la biotechnologie et Internet. Il n'en reste pas moins qu'il existe d'autres secteurs, moins intenses en R&D, où la situation inverse prévaut.

*La faiblesse de la dynamique industrielle européenne résulte donc d'au moins un des trois facteurs suivants: i/ une insuffisante spécialisation dans les secteurs les plus intenses en R&D; ii/ une présence*

insuffisante de jeunes entreprises innovantes occupant une position de leader technologique dans leur secteur; iii/une intensité de la R&D plus faible de la part des jeunes entreprises innovantes.

R & D	Monde	UE	EU	Japon	Reste du monde
Croissance totale	8	7	10	5	13
Croissance "yollies"	13	12	13	7	13
Croissance "ollies"	7	7	8	5	12
Part "yollies " croissance totale	28	10	47	1	28

Taux de croissance annuel moyen de la R&D (2004-2007) des "yollies" et "ollies"

Source Veugelers et Cincera, 2010, tableau 7a

#### COMPARAISON DES "YOLLIES " EUROPEENS ET AMERICAINS DANS DES SECTEURS CLES

SECTEURS	UNION EUROPEENNE			ETATS UNIS		
	Yollies RD/CA	Ollies RD/CA	% de Yollies	Yollies RD/CA	Ollies RD/CA	% de Yollies
Semi-conducteurs	17%	16%	10	18%	16%	20
Biotechnologie	18%	10%	12	27%	12%	17
Télécom	18%	13%	3	14%	11%	8
Industrie. Pharmaceutique	25%	15%	5	14%	15%	6
Soins santé	11%	4%	2	10%	7%	4
Equipeement hardware		6%		6%	4%	7
Internet				11%		3
Services informatiques	3%	5%	7	6%	6%	1
Electronique	6%	6%	9	5%	5%	2
Logiciels	17%	14%	20	15%	13%	17



Pour conclure cette deuxième partie, retenons d'abord que les différentes explications de l'écart de croissance de l'UE par rapport aux EU ne se substituent pas l'une à l'autre. Il faut au contraire souligner leur complémentarité.

En tout premier lieu, dans la mesure où la croissance par l'innovation technologique est alimentée par la recherche de base, la première voie a consisté à explorer les raisons pour lesquelles le système universitaire, en tant qu'acteur économique, est moins performant en Europe qu'aux Etats-Unis. Au-delà d'un nécessaire et substantiel renforcement de l'effort d'investissement dans la recherche fondamentale, l'efficacité d'un investissement dans l'enseignement supérieur dépend notamment de l'environnement institutionnel en termes d'autonomie budgétaire et de recrutement, d'ouverture et de concurrence pour l'obtention des fonds. Une question subsiste néanmoins: L'autonomie de choix de l'environnement académique laissée aux pays membres selon le principe de subsidiarité est-elle compatible avec une souhaitable convergence dans l'UE ?

Deuxièmement, si le niveau scientifique européen, mesuré par le nombre de publications, paraît globalement équivalent à celui des EU, c'est loin d'être le cas en termes d'impact (citations). La décomposition industrielle de l'écart technologique révèle que les industries où l'UE accuse le plus grand retard technologique correspondent aux disciplines où le retard scientifique est également le plus prononcé. Par ailleurs, les EU ont introduit de nombreuses législations pour faciliter le transfert des connaissances, les relations entre l'Université et l'Industrie et le développement de PME innovantes. De plus, par leur politique de soutien de la recherche de base, d'achat de prototypes et d'aide au développement, les Pouvoirs Publics américains ont joué le rôle d'amorçage qui précède la création d'un marché de masse, comme l'illustrent de manière assez convaincante les activités d'Internet et des Sciences de la Vie.

La troisième voie a exploré l'insuffisance de la R&D dans l'UE par rapport aux EU, notamment la R&D privée financée par l'Industrie. Même si c'est l'explication la plus simple de l'écart de croissance, elle n'en est pas moins pertinente. Elle permet notamment de mieux comprendre l'hétérogénéité des pays membres de l'UE en termes de croissance. Les pays où l'intensité en R&D a été la plus forte sont également ceux où la croissance du revenu par tête a été la plus élevée. Mais cela n'explique pas pourquoi les autres pays de l'UE ont moins massivement investi dans les secteurs high tech où l'intensité de la R&D était la plus élevée.

Enfin, la quatrième voie s'est intéressée à deux manifestations de la dynamique industrielle. En premier lieu, les caractéristiques de la "*destruction créatrice*" qui se manifestent par un renouvellement du tissu industriel sont beaucoup moins présentes dans l'UE qu'aux EU. Les rigidités se manifestent notamment au travers de *barrières à la croissance* des nouveaux entrants dans l'UE. En second lieu, les jeunes entreprises innovantes (i.e. nées après 1975) parmi les 1000 premières entreprises en R&D sont à la fois moins nombreuses et moins intensives en R&D dans l'UE qu'aux EU. On observe cependant des exceptions notables. Par exemple, les jeunes entreprises innovantes européennes sont bien plus présentes dans les services informatiques (logiciels) que dans l'industrie informatique proprement dite (hardware, Internet).

Une dernière voie, non explorée ici, concerne la propriété intellectuelle et plus particulièrement le brevet.<sup>17</sup> Le système actuel, dit du "brevet européen", est trompeur au niveau de son appellation car même si l'attribution d'un brevet peut être centralisée par l'Office Européen des Brevets (EPO), le système reste en fait fragmenté dans son application (sauf à résoudre les problèmes linguistiques, comme cela est attendu prochainement) les brevets délivrés par l'EPO sont jusqu'à présent mis en

---

<sup>17</sup> Sur ce point, on peut consulter Encaoua, Guellec et Martinez (2006), Guellec et van Pottelsberghe (2007).

œuvre selon la juridiction de chaque pays, ce qui ne manque pas d'accroître le coût du brevet et d'introduire des incertitudes juridiques (des conflits potentiels entre juridictions nationales ne peuvent être exclus).<sup>18</sup>

Encore une fois, les différentes explications du différentiel de croissance entre les EU et l'UE ne doivent pas se concevoir comme étant mutuellement exclusives ou substitutives l'une à l'autre. C'est bien plutôt leur nécessaire prise en compte simultanée qui fonde les réflexions contemporaines sur l'orientation des politiques publiques.

## Conclusion

Les interactions entre la science et la technologie sont certainement plus nombreuses et plus complexes que ce qui est suggéré dans cet article. Des aspects essentiels liés à l'histoire et la culture des sociétés, à leurs croyances, à la diversité des langues, au degré de confiance mutuelle entre les citoyens, jouent vraisemblablement un rôle très important dans la manière dont les différents pays tirent parti de leur système national d'innovation. Mais même en focalisant l'analyse sur des aspects particuliers, tels que la coévolution de la science et de la technologie, les orientations contemporaines des politiques scientifique et technologique, les relations entre les trois acteurs que sont l'Etat, l'Industrie et l'Université et la manière dont le tissu industriel se modifie en fonction de l'état d'avancement de la science et de la technologie, il apparaît que des différences importantes subsistent entre les continents européen et américain.

En vue de réaliser ses objectifs en termes d'économie de la connaissance et de favoriser une croissance tirée par l'innovation, l'UE est amenée à réfléchir aux politiques scientifiques et technologique à mettre en œuvre. Les différentes voies explorées dans ce travail pour comprendre le différentiel de croissance relativement aux EU permettent d'analyser les stratégies correspondantes. D'une part, après les décisions de la « *European Research Area* » en 2000 et du « *European Research Council* » en 2007 de financer des recherches d'excellence au niveau européen, l'idée de créer des règles communes aux pays membres pour le fonctionnement du système universitaire, semble maintenant acquise, même si elle n'a pas encore produit des résultats bien visibles. D'autre part, le renforcement de la dynamique industrielle pour permettre à de nouvelles jeunes entreprises innovantes d'émerger d'abord, de croître ensuite en bénéficiant de la taille du marché intérieur, pour devenir enfin des leaders technologiques dans leur secteur d'activité, semble être maintenant un objectif activement recherché même si, apparemment, il n'est pas facile à atteindre. Est-ce dû au manque de coordination entre pays membres ou est-ce le résultat d'une spécificité historique et culturelle de l'Europe où l'esprit entrepreneurial<sup>19</sup> n'a pas les mêmes racines qu'aux EU ?

Différents groupes d'experts auprès de la Commission Européenne, présidés par Luc Soete, ont présenté en novembre 2009 diverses propositions pour coordonner les efforts des pays membres dans différentes directions (European Research Area Board, 2010). Retenons en quatre.

Une première proposition consiste à mettre l'accent sur *les défis sociétaux majeurs en Europe*. L'idée est de remplacer l'objectif du **rythme** de progrès technique par celui de sa **direction** ou de son

---

<sup>18</sup> Le coût du "brevet européen" (van Pottelsberghe, 2009) est assez élevé du fait des nécessaires traductions sur lesquelles on bute jusqu'à présent. On peut y voir une nouvelle manifestation des difficultés pour parvenir à une politique technologique intégrée en Europe.

<sup>19</sup> Le terme anglo-saxon "*entrepreneurship*", dérivé du terme français d'entrepreneur qui remonte aux Physiocrates, a un double sens : détecteur de nouvelles opportunités et preneur de risque. Pourquoi ces vertus seraient-elles plus développées aux EU qu'en Europe ?

**orientation**, en se concentrant sur des programmes qui satisfont à long terme des besoins sociétaux bien identifiés: *changement climatique, énergies alternatives, santé et vieillissement de la population, sécurité et cohésion sociale*. Il est notamment recommandé une orientation des universités pour former des compétences et développer des recherches en ces domaines. On retrouve là l'orientation d'une politique technologique de type "*mission-oriented*", définie cette fois au niveau européen et non plus à celui des pays membres.

Une deuxième proposition vise à *accroître simultanément l'effort de financement de l'éducation et de l'innovation, en développant notamment des schémas de coinvestissement*. L'objectif de Lisbonne ne doit plus s'exprimer simplement au travers de l'intensité de la R&D (3% du PIB) mais également au travers des divers canaux par lesquels l'économie de la connaissance se développe. La réduction des obstacles au financement des PME est également visée ici. En particulier la *Banque Européenne d'Investissement* aurait pour vocation de devenir la *Banque Européenne d'Innovation*.

Une troisième proposition cherche à *améliorer la coordination des programmes entre la Commission Européenne et les Etats membres*, mais sur ce point les obstacles restent encore très nombreux. La question de savoir si la crise financière, économique et sociale contemporaine va permettre un allègement de ces obstacles ou au contraire les alourdir en favorisant des approches plus spécifiquement nationales, reste ouverte.

Enfin une 4<sup>ème</sup> proposition vise à instaurer une *concurrence entre institutions académiques des pays membres pour l'accès aux programmes européens d'excellence*. Sachant que la **diversité des approches** est une des clefs de la réussite, tant pour la recherche fondamentale que pour la recherche appliquée, l'objectif est ici d'accorder le label d'excellence à l'issue d'un processus d'émulation destiné à favoriser les projets les plus ambitieux. Va-t-on vers le principe d'une agence unique ou du moins vers une coordination plus forte entre les diverses agences nationales de financement ? C'est encore une question ouverte.

## Bibliographie

- J. Abowd, F. Kramarz, D. Margolis and T. Philippon, 2000, The Tail of Two Countries: Minimum Wages and Employment in France and the United States, IZA DP 203, Bonn, IZA
- D. Acemoglu and D. Vu Cao, 2010, Innovation by Entrants and Incumbents, NBER WP 16411, <http://www.nber.org/papers/w16411>
- P. Aghion and P. Howitt, 1998, *Endogenous Growth Theory*, The MIT Press
- P. Aghion, M. Dewatripont, C. Hoxby, A. Mas-Colell and A. Sapir, 2009, The Governance and Performance of Research Universities: Evidence from Europe and the US, NBER WP 14851,
- D. Audretsch, B. Bozeman, K. Combs, M. Feldman, A. Link, D. Siegel, P. Stephan, G. Tassej and C. Wessner, 2002, The Economics of Science and Technology, *Journal of Technology Transfer*, 27, 155–203
- E. Bartelsman, J. Haltiwanger and S. Scarpetta, 2004, Microeconomic Evidence of Creative Destruction in Industrial and Developing Countries, NBER WP
- J. Bradford DeLong, 2000, Cornucopia: The Pace of Economic Growth in the Twentieth Century, NBER WP 7602
- V. Bush, 1945, *Science, the Endless Frontier*, Report to the President, Office of Scientific Research and Development
- I. Cockburn and S. Stern, 2010, Finding the Endless Frontier: Lessons from the Life Sciences Innovation System for Technology Policy, *Capitalism and Society*, Vol. 5: Iss.1, Article 1

- C. Crampes et D. Encaoua, 2003, Micro-économie de l'innovation, in P. Mustar et H. Penan, eds. *Encyclopédie de l'Innovation*, Economica, 405-430
- P. David, 2001, Path Dependence, Its Critics and the Quest for 'Historical Economics', in P. Garrouste and S. Ionnides, eds. *Evolution and Path Dependence in Economic Ideas: Past and Present*, Edward Elgar Publishing
- M. Destourzos, R. Lester and R. Solow, 1989, *Made in America, Regaining the Production Edge*, MIT Press
- DiMasi, J., R. Hansen and H. Grabowsky, 2003, The Price of Innovation: New Estimates of Drug Development Costs, *Journal of Health Economics*, 22, 151-185
- G. Dosi, P. Llerena and M. Sylos Labini, 2006, The relationship between science, technologies and their industrial exploitation: An illustration through the myths and realities of the so-called 'European Paradox', *Research Policy*, 35, 1450-1464
- D. Encaoua et R. Guesnerie, 2006, Politiques de la Concurrence, Rapport 60, Conseil d'Analyse Economique, La Documentation Française
- D. Encaoua, D. Guellec and C. Martinez, 2006, Patent Systems for Encouraging Innovation: Lessons from Economic Analysis, *Research Policy*, 35, 1423-1440
- D. Encaoua, 2009, Nature of the European technology gap: creative destruction or industrial policy? In D. Foray, ed. *The New Economics of Technology Policy*, 281-314, Edward Elgar
- H. Ergas, 1987, Does Technology Policy Matter? In Guile and Brooks, eds., *Technology and Global Industry: Companies and Nations in the World Economy*, National Academy Press, reprinted in *The Economics of Science and Innovation*, vol. 2, 438-492
- European Commission, 2010, The 2009 EU Industrial R&D Investment SCOREBOARD
- European Commission, 2009, The Role of Community Research Policy in the Knowledge-Based Economy, Report of a group of Experts to the EC
- European Research Area Board (ERAB), 2010, Preparing Europe for a New Renaissance: A strategic view of the ERA, [http://ec.europa.eu/research/erab/publications\\_en.html](http://ec.europa.eu/research/erab/publications_en.html)
- J. Gans and S. Stern, 2003, The Product Market and the Market for "Ideas": Commercialization Strategies for Technology Entrepreneurs, *Research Policy*, 32, 333-350
- S. Greenstein, S., 2010, Nurturing the accumulation of innovations: Lessons from the Internet, NBER, WP 15905
- D. Guellec and B. van Pottelsberghe de la Potterie, 2007, *The Economics of the European Patent System, IP Policy for Innovation and Competition*, Oxford University Press
- E. Helpman, ed., 1998, *General Purpose Technologies and Economic Growth*, MIT Press
- C. Lévi-Strauss, 1987, *Race et Histoire*, Gallimard, Collection folio essais
- D. Mowery, 2009, Federal Policy and the Development of Semiconductors, Computer Hardware, and Computer Software: A Policy Model for Climate-Change R&D? WP
- J. Mokyr, 2000, *The Gifts of Athena, Historical Origins of the Knowledge Economy*, Princeton University Press
- F. Murray, P. Aghion, M. Dewatripont, J. Kolev and S. Stern, 2009, Of Mice and Academics: Examining the Effect of Openness on Innovation, mimeo,
- National Science Board, 2010, Science and Engineering Indicators, Arlington, VA
- R. Nelson and P. Romer, 1996, Science, Economic Growth and Public Policy, *Challenge*, reprinted in *The Economics of Science and Innovation*, vol. 2, 425-437
- M. O'Mahony and B. van Ark, eds. 2003, EU productivity and competitiveness: an industry perspective. Can Europe Resume the Catching-Up Process, [http://www.ggdc.net/pub/EU\\_productivity\\_and\\_competitiveness.pdf](http://www.ggdc.net/pub/EU_productivity_and_competitiveness.pdf)
- I. Pyyhtiä, 2007, Why is Europe lagging behind? Bank of Finland, Research DP 3
- P. Romer, 1990, Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy*, 98, 71-102
- S. Scotchmer, 2004, *Innovation and Incentives*, MIT Press
- R. Solow, 1957, Technical Change and the Aggregate Production Function, *Review of Economics and Statistics*, 39, 312-320

- P. Stephan and D. Audretsch, eds., 2000, *The Economics of Science and Innovation*, vol. 1 & 2, Edward Elgar
- D. Stokes, 1997, *Pasteur's Quadrant, Basic Science and Technological Innovation*, The Brookings Institution
- H. Varian, 2004, Review of Mokyr's Gifts of Athena, *Journal of Economic Literature*, XLII, 805-810
- R. Veugelers and M. Cincera, 2010, Young Leading Innovators and the EU's R&D Intensity Gap, *Bruegel Policy Contribution*, Issue 9
- A. N. Whitehead, 1925, *Science and the Modern World*, The Free Press